



TITLE:

Anti-predator strategy of frogs against snakes: adaptive decision making for alternative use of fleeing and immobility(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Nishiumi, Nozomi

CITATION:

Nishiumi, Nozomi. Anti-predator strategy of frogs against snakes: adaptive decision making for alternative use of fleeing and immobility. 京都大学, 2015, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18827>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により本文は2020-03-11に公開

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	西海 望
論文題目	Anti-predator strategy of frogs against snakes: adaptive decision making for alternative use of fleeing and immobility (ヘビに対するカエルの捕食回避戦略：逃走と不動の適応的な使い分けについて)		
(論文内容の要旨)			
<p>捕食を回避するために、被食者は周辺環境や捕食者の状態などに応じて適切に行動するように進化してきた。例えば、隠蔽性の被食動物は主に二つの捕食回避戦術を使い分けていると考えられている。一つは「不動」であり、これは動きを止め自らを目立たなくすることで、捕食者からの発見を回避する機能を有している。もう一つは「逃走」であり、これはすばやく移動することで、捕食者からの追跡を振り切る機能を有している。これらの背反した機能を持つ戦術の最適な使い分けに関しては、理論研究の進展に対し、実証的な研究が遅れをとっている状況であった。そこで本研究では、トノサマガエルを被食者、シマヘビを捕食者として用い、野外観察に基づいて室内実験を組み、逃走と不動の使い分けの条件とその生存への寄与を実証的なアプローチで解明することを目指した。本研究では、ヘビがカエルを探索している状況（第一章）と、ヘビがカエルを発見し接近している状況（第二章、第三章）とを想定し行動の分析を行った。</p> <p>第一章では、カエルを発見していないヘビに対するカエルの行動を観察し、不動と逃走の使い分け方を両者間の距離に着目して調べた。その結果、カエルは遠距離では不動を行い、近距離ではヘビがカエルに気付く前に逃走に切り替えた。この不動から逃走への切り替えタイミングは理論上では非適応的と考えられている。そこでヘビの捕食行動をより詳細に分析したところ、近距離においてはヘビが不動のカエルを確実に発見できることや、近距離で突然逃走を開始するカエルに対して捕食行動を行わない場合があることが判明し、カエルの切り替えタイミングは捕食回避上有効となることが示唆された。</p> <p>第二章では、ヘビがカエルを発見している状況を設定し、ヘビに対するカエルの行動を観察したところ、カエルはヘビに発見されていても直ちには逃走を行わず不動を続けることがわかった。これは、捕食者に発見された後は直ちに逃走を行うことを最適としている理論上の予測に反するものだった。そこで、直ちに逃げないことの捕食回避効果を調べるために、他個体のカエルが近くにいるかどうかで、不動のカエルに対するヘビの行動がどう変わるかを観察した。その結果、不動中のカエルに対するヘビの接近速度は移動中のカエルに対するものと比べ著しく遅く、その接近過程で他に動くカエルがいるとヘビの注意がそのカエルへと逸れ、不動のカエルが捕食を免れるということが実験的に示された。</p> <p>第三章では、ヘビに発見されていても直ちに逃走を開始しないことの捕食回避上の利点を更に検討するために、ヘビのストライク行動に着目してその運動の過程を観察した。その結果、ヘビは一旦ストライク行動を始めると、その進路を変更することができないため、カエルはある程度離れていればストライクをかわせることがわかった。更にストライク後はヘビの身体が伸びきってしまい、直ちに追跡に移れないことがわかった。従って、ヘビがストライクを開始した直後にストライクをかわすように逃げ始めることで、カエルはヘビの追跡を遅らせることができ、逃げ切りやすいことが示唆された。</p>			

これまでの理論モデルでは、捕食者に発見されているかどうか、不動から逃走への切り替えを決める主要因だと考えられていた。しかし本研究は、捕食者に発見されているかどうかだけでなく、捕食者と被食者の距離、他の被食者の存在、捕食行動と回避行動の動き出しの順序といった要素が戦術の切り替えの判断に強く働くことを示した。これらの要素を念頭におくことは、動物の対捕食者戦略の理解を進め、より現実的な理論モデルを考案するために重要と考えられる。

(論文審査の結果の要旨)

多くの動物は、接近してくる捕食者の存在に気付いたときに、どのようにして捕食を回避するかを決めなければならない。すぐに逃げるという手段がある一方、隠蔽性の高い動物の場合は、動かずにじっとして、捕食者が餌動物の存在に気付かずに通り過ぎるのを待つという方法もある。後者は不動行動と呼ばれ、例えば、ヘビににらまれたカエルが動かなくなるのは、おびえて身がすくみ動けなくなるのではなく、カエルが意図的に不動行動をとって積極的に身を守っている防御行動であると解釈されている。しかしながら、このような不動行動がどのような条件下で起こるのか、不動行動にどれくらい捕食回避効果があるのかなどは、理論モデルが提唱されている一方、実験的に検証した研究は非常に少ない。申請者は、餌動物としてトノサマガエルを、捕食者としてシマヘビを選定し、トノサマガエルが不動行動をどのようなタイミングや条件下で行うかを実験下で定量的に調べ、その捕食回避戦術を分析した。

トノサマガエルは水田地帯や湿地に普通に生息し、日中に水際でたたずんで日光浴や採餌を行う。一方、シマヘビは基本的に昼行性で、水田などを活発に徘徊して採餌を行う。シマヘビは餌の探索や認知の際に揮発性および非揮発性の化学物質の手掛かりを利用するが、遠距離からの餌の発見や、捕食攻撃の誘発及びその際の餌の位置特定においては動的視覚刺激への依存度が高い。申請者は、このような行動特性を持つトノサマガエルとシマヘビに着目し、不動行動の機能や不動から逃避への切り替えのタイミングを調べた。

申請者はまず、トノサマガエルがシマヘビの存在下で不動行動をとることを確認し、次に、不動行動はヘビとの距離がある程度離れているときに行い、ある距離以下では、たとえまだ発見されていなくても跳躍して逃げることを示した。さらに、カエルの動きを人為的に操作することによって、遠距離では不動行動をとる方が捕食回避率が高まること、近距離で不動のままでいると捕食されてしまう確率が高まることを明らかにし、距離による不動行動の使い分けが適応的であることを示した。一方、トノサマガエルは、遠距離からシマヘビに発見され、ゆっくりと近づかれているときでさえも、すぐに逃避せずに不動をある程度続けることを発見し、その適応的メカニズムを実験的に検証した。特に、カエルが跳躍するときやヘビが捕食攻撃するときの運動学的な制約を高速ビデオカメラ撮影により分析し、比較的近距離まで引きつけたあと、ヘビが攻撃の動作を始めた直後に跳躍を始めると、捕食回避率が高まる可能性があることを示唆する結果を得た。

(続紙 2)

申請者は、不動行動という、多くの動物が行うにもかかわらず、その科学的評価が難しいために定量的、実証的研究が進んでいなかった現象に動物行動学的アプローチで果敢に取り組んだ。そして、ビデオ解析による詳細な分析や様々な工夫をこらした操作実験を行うことにより、先行研究の理論モデルで予測されていなかった現象をいくつも発見した。さらに、先行モデルからの予測との齟齬を単に指摘するだけでなく、行動を詳細に観察することにより、その理由を突き止め、これまでのモデルに欠けていた行動学的な要素を見いだした。これらの発見は、トノサマガエルとシマヘビとの間だけでなく、不動行動をとる様々な動物へも適用可能であり、動物の捕食回避戦略を理解する上での新たな視点を提供するものである。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月19日に論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果、合格と認めた。なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公表可能日： 年 月 日以降